Aus der Universitätsaugenklinik Würzburg
Direktor: Prof. Dr.Dr. h. c. W. Leydhecker

UNTERSUCHUNGEN OBER DIE AUGENBEWEGLICHKEIT BEI JUGENDLICHEN UND ERWACHSENEN

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Lieselotte Heptner
aus Angerstein/Göttingen

Würzburg, den 15. Juni 1981

Aus der Universitätsaugenklinik Würzburg
Direktor: Prof. Dr.Dr. h. c. W. Leydhecker

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE AUGENBEWEGLICHKEIT BEI JUGENDLICHEN UND ERWACHSENEN

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Lieselotte Heptner
aus Angerstein/Göttingen

Würzburg, den 15. Juni 1981

Referent:	Prof. Dr. W. D. Schäfer
Koreferent:	Prof. Dr. Dr. h. c. W. Leydhecker
Dekan:	Prof. Dr. K.-H. Wulf

Tag der Mündlichen Prüfung: 11.12.1981

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
Universität Würzburg.

INHALTSVERZEICHNIS Seite

1. EINLEITUNG 1

2. LITERATUROBERSICHT 2

2.1. Zur Problematik von Revisionseingriffen nach Schieloperationen unter besonderer Berücksichtigung von Jugendlichen und Erwachsenen 2

2.2. Methoden zur Bestimmung der Augenbeweglichkeit und ihre Ergebnisse bei Jugendlichen und Erwachsenen 3

2.3. Methoden zur Bestimmung des horizontalen Hornhautdurchmessers und ihre Ergebnisse 7

3. MATERIAL UND METHODE 8

3.1. Probandenauswahl 8

3.2. Geräte 9

3.3. Durchführung 9

3.3.1. Anleitung der Probanden 9

3.3.2. Zur objektiven Feststellung der Lagekonstanz des Kopfes 10

3.3.3. Photographisches Vorgehen 10

3.3.4. Auswertung 12

3.3.5. Messung des horizontalen Hornhautdurchmessers 13

3.3.6. Fehlermöglichkeiten 15

4. DATENVERARBEITUNG UND ERGEBNISSE 15

4.1. Parameter 15

4.2. Einteilung der Stichproben 15

4.3. Statistische Methode 16

4.4. Ergebnisse 16

Seite

5. DISKUSSION DER ERGEBNISSE 17

5.1. Altersabhängigkeit der Augenbeweglichkeit 17

5.2. Geschlechtseinfluß auf die Augenbeweglichkeit 18

5.3. Wechselwirkung von Adduktion/Abduktion und Hornhautdurchmesser 18

5.4. Maximale Adduktions- und Abduktionsfähigkeit 19

5.5. Hornhautdurchmesser 19

6. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE MIT ANDEREN AUTOREN 20

7. ZUSAMMENFASSUNG 22

8. TABELLEN UND GRAPHISCHE DARSTELLUNGEN 24

9. LITERATURVERZEICHNIS 35

1.EINLEITUNG

Schieloperationen und Revisionseingriffe werden nicht nur bei Kindern durchgeführt. Häufig kommen Jugendliche und Erwachsene in die augenärztliche Praxis mit Klagen über bestehende Diplopie oder über mangelhafte kosmetische Ergebnisse früherer Operationen.

Das Problem der Dosierung bei der Internusrücklagerung und Externusresektion beim Strabismus convergens sowie bei der Internusresektion und Externusrücklagerung beim Strabismus divergens ist allgemein bekannt. Normalerweise liegt der Dosierung die vorherige Messung des Schielwinkels beim Blick geradeaus zugrunde. Praeoperative Adduktions- und Abduktionsabweichungen des zu operierenden Muskels werden dabei meist nicht berücksichtigt.

Mit einer photographischen Methode werden in dieser Arbeit die physiologischen Adduktions- und Abduktionsfähigkeiten bei Jugendlichen und Erwachsenen gemessen. Dies ist gedacht als erster Schritt einer neuen Dosierungsart zur besseren Abgrenzung praeoperativer pathologischer Motilitätsverhältnisse von physiologischen und zur Vermeidung von Über-oder Unterdosierungen.

Es wird die Altersabhängigkeit der Augenbeweglichkeit und der Einfluß des Geschlechts auf diese untersucht. Außerdem wurde der horizontale Hornhautdurchmesser - ebenfalls alters- und geschlechtergetrennt - untersucht, um Aufschluß über mögliche Wechselwirkungen mit der Augenbeweglichkeit zu erhalten.

2. LITERATURÜBERSICHT

2.1. ZUR PROBLEMATIK VON REVISIONSEINGRIFFEN NACH SCHIELOPERATIONEN UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG VON JUGENDLICHEN UND ERWACHSENEN

Das Maß der horizontalen Exkursion ist für die Analyse des Schielens von großem Wert. Es ist ebenso unentbehrlich für die Wahl der Operationsmethode und für die Prognose des zu erwartenden Operations- und Behandlungserfolgs. Seit Schieloperationen ausgeführt werden, kennt man das Problem des konsekutiven Strabismus divergens durch operative Überdosierungen bei Internusrücklagerungen bei Strabismus convergens. Aus diesem Grunde wies Schäfer (1977) auf die Bedeutung der präoperativen Motilitätsprüfung hin, zum Beispiel zur Feststellung einer überschießenden Adduktion, die ja entsprechende operationstechnische Konsequenzen hat.

Die Tatsache, daß heute häufig Jugendliche oder Erwachsene in die augenärztliche Praxis kommen, mit dem Wunsch nach einer erneuten Operation, verdankt sich wohl nicht zuletzt dem Umstand, daß mit zunehmenden Alter diese Patienten ihrem Äußeren mehr Bedeutung beimessen. Das schlechte kosmetische Ergebnis früherer Operationen und die seelischen Folgen für den jugendlichen und erwachsenen Patienten muß heute sehr ernst genommen werden. Revisionseingriffe zugunsten kosmetischer Verbesserungen sind keine Seltenheit, trotz der Gefahr postoperativer Diplopie. Allerdings findet sich bisher in der Literatur erstaunlich wenig über dieses Problem und die Erfolge nach Revisionseingriffen im Erwachsenenalter. Erwähnenswerte Ausnahmen stellen die Untersuchungen von Phillips und Vaid (1977) und Berard et al. (1977) dar. Phillips berichtet über Revisionseingriffe bei zehn Jugendlichen und Erwachsenen im Alter von 14 bis 43 Jahren, die wegen Klagen über ungenügende kosmetische Ergebnisse oder

Diplopie (2) in die Klinik kamen. Mit der Veröffentlichung seiner positiven Ergebnisse bei diesen "späten" Operationen - kein erneuter Diplopiefall - möchte er zum häufigeren Entschluß zur Operation in ähnlichen Fällen ermutigen.

Berard weist mit Nachdruck auf die Bedeutung der präoperativen Motilitätsuntersuchungen zur Feststellung von Muskeleinschränkungen hin. Dies gilt seiner Ansicht nach insbesondere auch bei Revisionsoperationen,bei denen der chirurgische Eingriff nur zur Ästhetik beiträgt.

2.2 METHODEN ZUR BESTIMMUNG DER AUGENBEWEGLICHKEIT UND IHRE ERGEBNISSE BEI JUGENDLICHEN UND ERWACHSENEN

Unter Blickfeld wird in der Augenheilkunde nach Helmholtz (1867) das Feld verstanden, das beim fixiertem Kopf mit dem Auge angeblickt wird. Die horizontale Ausdehnung entspricht der Abduktions- und Adduktionsfähigkeit.
Schon im letzten Jahrhundert wurden Methoden ersonnen zur Messung der Augenbeweglichkeit, da dieser als Ausgangspunkt zur Diagnostik von Motilitätsstörungen große Bedeutung zukam. So der Albert von Graefe-Beweglichkeitstest (1867), der die maximale seitliche Beweglichkeit des Auges mittels Zirkel mißt. Helmholtz (1867) bediente sich der Methode von Donders und Doijer, wobei mit Hilfe des Ophthalmometers zunächst der horizontale Hornhautdurchmesser bestimmt wurde. Ein unmittelbar vor dem Auge senkrecht gespannter Faden diente als Bezugspunkt bei der Beobachtung, wie weit das Auge nach rechts oder links blicken mußte, damit der jeweilige Hornhautrand hinter den Faden trat.
In der Zusammenstellung der Ergebnisse verschiedener Autoren durch Bielschowsky (1939) (s. Tabelle I) weichen die gefunde-

nen Werte stark voneinander ab. Ursachen hierfür dürften die unterschiedlichen Untersuchungsmethoden sein, aber auch eine zufällige Streuung, aufgrund einer zu geringen Anzahl von Untersuchungen.

Erste umfassende Untersuchungen über die Exkursionsfähigkeit liegen erst seit den sechziger Jahren vor.

Fischer (1950) bestimmte mit Hilfe einer abgewandelten Perimetermethode die Ab- und Adduktionsfähigkeit. Mit einer im horizontalen Meridian verschiebbaren Lichtquelle entwarf er ein Reflexbildchen auf der Cornea. Bei der Bestimmung der Adduktion wird das Reflexbild auf dem temporalen Horhautrand entworfen, bei der Abduktion auf dem nasalen. Bei maximaler Ein- und Auswärtswendung ergibt die Differenz beider Gradzahlen den Winkelwert der Abduktion und Adduktion.
Der Autor untersuchte nach dieser Methode 190 augengesunde Probanden, die er in vier Altersgruppen einteilte.
Die von ihm gefundenen Werte liegen zwischen 56.0^{o} und 40.7^{o} (entsprechend 11.20mm und 8.14mm). Außerdem korrelieren die Werte mit dem zunehmenden Alter sowohl bei Abduktion als auch bei Adduktion. Danach verringert sich die Abduktionsfähigkeit im Durchschnitt um 0.2^{o} (ca. 0.04mm), die Adduktionsfähigkeit um 0.17^{o} (ca. 0.034mm) pro Lebensjahr (Tabelle II).
Zusätzlich stellte der Autor ein Überwiegen der Adduktionsfähigkeit fest. Danach beträgt das Gesamtmittel aller Untersuchungen für die Abduktion 45.7^{o} (ca. 9.14mm), für die Adduktion 52.8^{o} (ca.10.56mm).

Holland (1956) modifizierte die "Landoltsche Methode" zur objektiven Bestimmung der Exkursionsfähigkeit des Auges. Am Perimeter schaut das Auge einer beweglichen Lichtquelle nach. Der Untersucher beobachtet das Hornhaut reflexbild, das sich

solange auf der Hornhaut abbildet wie der Proband das Licht fixieren kann. Auf dem Perimeterbogen wird der Bereich abgelesen, über den die Lampe verschoben wurde. Der gemessene Wert entspricht dem Exkursionswinkel des Auges.
Es wurden insgesamt 370 Personen beiderlei Geschlechts in sieben Altersstufen untersucht. Die uns interessierenden Ergebnisse vom 10. bis 80. Lebensjahr sind in Tabelle II aufgeführt.
Seine Ergebnisse liegen zwischen 11.1mm und 7.76 mm für die Adduktion und Abduktion. Eine deutlicheAbnahme der Exkursionsfähigkeit des Auges ist nach dem 30. Lebensjahr feststellbar. Wie bei Fischer ist die Adduktion besser als die Abduktion.

Hager (1958) untersuchte bei 348 augengesunden Probanden, die er in 14 Altersgruppen unterteilte, die monokulären Blickfelder mit Hilfe des Blickperimeters nach Comberg. Dies ist eine durch mehrere Leisten dargestellte Kugel in deren Mittelpunkt die Augen des Probanden gebracht werden. Der Kopf ist fixiert. Prüfmarken werden zur Ermittlung der Blickfeldaußengrenzen an der Kugelinnenfläche von innen nach außen geführt. Zur Ablesung dient die auf jeder Leiste angebrachte Gradeinteilung von 0 - 180°.
Die von ihm ermittelten Werte liegen zwischen 8.72mm bis 9.9mm. Wie die bereits erwähnten Autoren beobachtete auch er eine Korrelation seiner Werte mit dem Alter und ein teilweises Überwiegen der Adduktion. (s.Tabelle II).

Als Ursache der von Fischer, Holland und Hager übereinstimmend festgestellten Blickfeldeinengung beim physiologischen Altern kommen verschiedene Faktoren in Betracht. Besondere Beachtung kommt den histomorphologischen Veränderungen des Augenmuskelgewebes zu. Wohlfart (1938) beobachtete bei Untersuchungen eine Sarkoplasmazunahme in den Muskelfasern auf Kosten zugrunde

gehender Fibrillen mit zunehmenden Alter. Als weiterer Grund kann mit Goldhan (1955) ein allgemeiner Fettschwund und damit eine Auflockerung des Orbitagewebes angenommen werden, was eine Beweglichkeitseinbuße zur Folge hat, bedingt durch einen relativen Enophthalmus.

Die oben angeführten Werte stimmen weitgehend mit denen von Kestenbaum (1961) überein. Mit dem Limbustest, der auch dieser Arbeit zugrunde liegt, entwickelte Kestenbaum eine einfach zu handhabende Methode zur Bestimmung der Augenbeweglichkeit. Hierbei wird der Limbusrand, der entgegen der Bewegungsrichtung liegt, als Bezugspunkt gewählt. Danach wird zur Messung der Abduktions- oder der Adduktionsfähigkeit die Exkursion des nasalen oder des temporalen Limbusrandes beobachtet. Ein durchsichtiges Lineal, das horizontal vor die Hornhaut gehalten wird, dient zur Ablesung der Bewegungsstrecke. Die Fehlerbreite beträgt $\pm$ 0.5mm. Normalwerte der maximalen Adduktion und Abduktion werden mit 9 - 10mm angegeben. Die Varianten gruppieren sich um einen Mittelwert von 9.5mm. Werte über 10.5mm waren selten. Werte unter 8.0mm bezeichnet Kestenbaum als pathologisch.
Die Anzahl und das Alter der von ihm untersuchten Probanden ist nicht bekannt. (s.Tabelle II)

Roggendorf (1970) und Haase (1976) verwenden in Anlehnung an Kestenbaums Limbustest statt eines durchsichtigen Lineals ein millimetergraduiertes Gesichtsraster zur Messung von Verlagerungen des Augapfels und seiner Beweglichkeit.
Die Fehlerbreite dieser Meßmethode liegt ebenfalls bei maximal $\pm$ 0.5mm. Mit dem Limbustest untersucht Haase jugendliche augengesunde Probanden und im Vergleich dazu Patienten mit Motilitätsstörungen. Dabei fand er eine gleichartige Verschiebung der Bewegungsstrecke in Richtung der Bulbusdeviation.

Die von ihm gefundenen Normalwerte über maximale Ab- und Adduktionsfähigkeit entsprechen denen von Kestenbaum.(s.Tab.II).

2.3. METHODEN ZUR BESTIMMUNG DES HORIZONTALEN HORNHAUTDURCHMESSERS UND IHRE ERGEBNISSE

Unter horizontalem Hornhautdurchmesser verstehen wir die Distanz vom medialen zum temporalen Limbus corneae. Die Maße beziehen sich nur auf den vollständig durchsichtigen Teil der Cornea. Der Genauigkeit dieser Messungen sind durch die Beschaffenheit des Limbusrandes gewisse Grenzen gezogen, da dieser keine scharfe Linie bildet, besonders bei Augen mit heller Iris.

Schon lange werden Untersuchungen durchgeführt zur Bestimmung des Hornhautdurchmessers. Der erste, der statistische Untersuchungen über die Corneagröße anstellte, war Smith (1890). Mittels der Keratometermethode bestimmte er bei 500 Personen männlichen und weiblichen Geschlechts im Alter von 5 - 90 Jahren den Horizontaldurchmesser der Cornea unter besonderer Berücksichtigung der Faktoren Alter, Geschlecht und Refraktion. Er kam zu folgenden Resultaten: Die Variationsbreite des Hornhautdurchmessers erstreckt sich von 10.5 bis 13.5mm. Der Mittelwert liegt bei 11.6mm.
Für die einzelnen Altersstufen ergaben sich unbedeutende Schwankungen bis zum 40. Lebensjahr, danach jedoch eine deutliche Verminderung der Durchschnittwertes.
Der Hornhautdurchmesser war beim weiblichen Geschlecht im Durchschnitt mit 11.54mm um 0.13mm kleiner als der des männlichen Geschlechts. (Tabelle III).

Grod (1910) bestimmte den horizontalen Hornhautdurchmesser

mit dem Zirkel an frischen Leichen im Alter von 10 bis über 60 Jahren. Es werden Mittelwerte von 11.30 bis 12.00mm angegeben. Altersspezifisch findet sich eine teilweise Abnahme des Hornhautdurchmessers nach dem 40. Lebensjahr. Geschlechtsspezifisch ist kein signifikanter Unterschied feststellbar. (Tab. III).

Im Rahmen einer Untersuchung über die Corneagröße und ihre Vererbung bestimmte Peter (1925) an 512 Kindern und Jugendlichen, nach Geschlechtern getrennt, mit Hilfe des Keratometers nach Wessely (1911) den Hornhautdurchmesser. Bei diesem Instrument befindet sich das Auge des Probanden im Brennpunkt einer Lupe, durch welche die Cornea und eine Skala gleichzeitig betrachtet werden. Die von ihr gefundenen Durchschnittswerte von 11.6mm entsprechen denen von Smith und Grod. Auch sie fand im Mittel größere Werte für das männliche Geschlecht (+ 0.15mm).

Die Tatsache, daß im höheren Lebensalter der Hornhautdurchmesser wieder an Größe abnimmt, kann bedingt sein durch eine zunehmende Sklerosierung der äußersten Randzone der Hornhaut, was eine Verbreiterung des Limbus corneae zur Folge hat oder durch die allgemeine Verkleinerung des Bulbus im Alter.

3. MATERIAL UND METHODE

3.1. PROBANDENAUSWAHL

Da wir die Augenbeweglichkeit repräsentativ für das Lebensalter von 10 bis 80 Jahren,nach Geschlechtern getrennt untersuchen wollten, waren 180 Versuchspersonen (N=180) erforderlich. Um dieser Forderung gerecht zu werden, untersuchten wir

für die Altersgruppe 10-19 Jahre im wesentlichen Schüler und Schülerinnen der Gesamtschule Volkach. Bei den restlichen Altersgruppen entschieden wir uns mit Sipp (1972) für ein Kollektiv aus ambulanten und stationären Patienten der Würzburger Universitäts-Hautklinik.
Jede Versuchsperson mußte einen Mindestvisus von 0.8 haben. Ametropien über ± 3.0. Dptr. wurden nicht berücksichtigt. Sie durfte an keiner Augenkrankheit leiden, dabei galt es vor allem bei den älteren Probanden auch Stoffwechselerkrankungen wie Diabetes mellitus auszuschließen.

3.2. GERÄTE

Wir wählten für unseren Zweck einen umgebauten, höhenverstellbaren Untersuchungstisch der Firma Haag Streit mit Kinnstütze und Stirnband.
Die Kamera (Zeiss Ikon Contarex, Objektiv Carl Zeiss Planar 1:2, f=50mm) schraubten wir auf einen arretierbaren und beweglichen Schlitten. Verwandt wurde außerdem ein Belichtungsmesser Kodalux L der Firma Kodak sowie 18 und 22 Din Filme der Firma Ilford. Die eingestellte Blende betrug je nach Film 4 bis 8 bei einer Belichtungszeit von 1/60 sec.

3.3. DURCHFÜHRUNG

3.3.1. ANLEITUNG DER PROBANDEN

Vor Beginn der Untersuchung wurde den Versuchspersonen der Zweck unserer Arbeit erläutert, um dadurch eine optimale Mitarbeit zu erreichen.
Dann wurde der zu Untersuchende aufgefordert, das Kinn auf die Kinnstütze zu legen, die Stirn am Stirnband anzulegen und den Kopf nicht mehr zu bewegen. Auf die mechanische Fixa-

tion des Kopfes wurde verzichtet, stattdessen wurde dieser durch einen hinter dem Probanden stehenden Mitarbeiter festgehalten.
Der Erfolg war, vor allem bei den älteren Patienten, recht unterschiedlich. Nicht allen gelang die maximale Seitwärtsbewegung der Augen ohne Mitbewegung des Kopfes. Bei einigen ließen nach einer Minute die Konzentrationsfähigkeit und Kooperationsbereitschaft erheblich nach. Diese Probanden wurden ausgeschieden.

3.3.2. ZUR OBJEKTIVEN FESTSTELLUNG DER LAGEKONSTANZ DES KOPFES

Hierzu wurde auf der Nasenwurzel und beidseits unter dem unteren Orbitarand in der Pupillenmitte beim Blick geradeaus eine Eichmarke angebracht (Abb. 1-3).
Beim Drehen des Kopfes verändert sich je nach Drehrichtung der photographisch erfaßte Abstand der seitlichen Eichpunkte vom mittleren. Bei der Auswertung wurden $\pm$ 2mm zugelassen - entsprechend einem Fehler von $\pm$ 0.22mm.

3.3.3. PHOTOGRAPHISCHES VORGEHEN

Der Abstand der Kamera zum Probanden betrug 30cm - entsprechend 0.3m auf der Entfernungsskala der Kamera. Nach scharfer Einstellung der Lichtreflexe auf der Cornea, wurde der Schlitten mit der Kamera arretiert.

Erste Aufnahme (Abb.1): Der Proband wird mit angelegtem Lineal photographiert. Dabei wird das Lineal horizontal unter dem rechten Auge angelegt, sodaß es in einer gemeinsamen frontalen Ebene mit dem Limbus beim Blick geradeaus liegt.

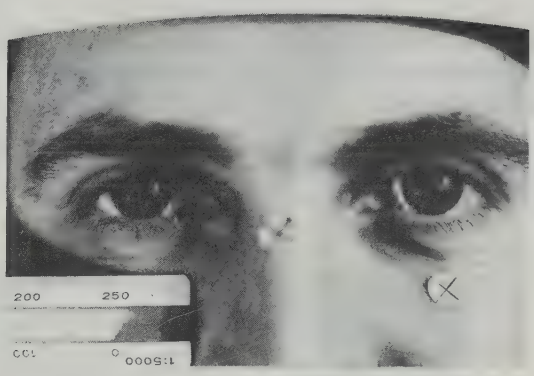

Abb. 1: Erste Aufnahme zeigt Proband mit Messlineal

Zweite Aufnahme (Abb.2): Photographiert wird der Proband beim Blick geradeaus. Er fixiert dabei einen Gegenstand in 5 Meter Entfernung, der gerade über dem oberen Kamerarand sichtbar ist.

Abb. 2: Zweite Aufnahme zeigt Proband mit Blick geradeaus. Die Meßpunkte sind sichtbar.

Die ersten beiden Aufnahmen werden aus Kontrollgründen zweimal photographiert. Im Anschluß daran wurde die Aufnahme drei - beim Blick nach rechts - und die Aufnahme vier - beim Blick nach links (Abb.3) jeweils dreimal gemacht. Dazu wurde als Fixationspunkt ein Lineal mit rotem Punkt in der Horizontalen zu beiden Seiten geführt.

Abb. 3: Vierte Aufnahme zeigt Proband bei maximalem Seitwärtsblick nach links.

Die Gesamtuntersuchungszeit betrug je nach Mitarbeit und Auffassungsgeschwindigkeit maximal 6 Minuten.

3.3.4. AUSWERTUNG

In der Dunkelkammer wurden die Negativfilme mit dreifacher Vergrößerung ausgewertet. Es wurde in zufälliger Reihenfolge bei dem ersten Probanden das rechte beim nächsten das linke Auge ausgewertet.

Folgende Größen (Abb.4) wurden an der zweiten Aufnahme (Abb.2) mit einem am Präzisionslineal geeichten Lineal gemessen:

- der Abstand des nasalen Limbus n.L. von der Eichgeraden E, die senkrecht durch den mittleren Eichpunkt gelegt wird
- der Abstand des temporalen Limbus t.L. von der Eichgeraden E
- die Abstände X_r und X_l des rechten und linken Eichpunktes (r.E.,l.E.) von der Eichgeraden E
- der Abstand des nasalen Limbus n.L. von der Eichgeraden E bei der Abduktion
- der Abstand des temporalen Limbus t.L. von der Eichgeraden E bei der Adduktion
- zur Kontrolle der Lagekonstanz des Kopfes bei jedem Bild der Abstand des rechten bzw. linken Eichpunktes (r.E., l.E.) von der Eichgeraden E

Die Abstandsdifferenz zwischen dem nasalen oder temporalen Limbus und der Eichgeraden E beim Blick geradeaus und bei der Abduktion oder Adduktion ergibt durch 3 dividiert die horizontale Augenbeweglichkeit (in mm).

3.3.5. MESSUNG DES HORIZONTALEN HORNHAUTDURCHMESSERS

Diese wurde im Zusammenhang mit der Messung der Adduktion und Abduktion an Aufnahme zwei (Abb.2), also beim Blick geradeaus, durchgeführt. Mit einem Zirkel wurde der Abstand vom temporalen Limbus t.L. zum nasalen Limbus n.L. abgenommen, auf dem Präzisionslineal (Maßstab 1:25000) in Teilstrichen abgetragen und durch 75 geteilt.
Dieser Wert ergab den tatsächlichen horizontalen Hornhautdurchmesser.

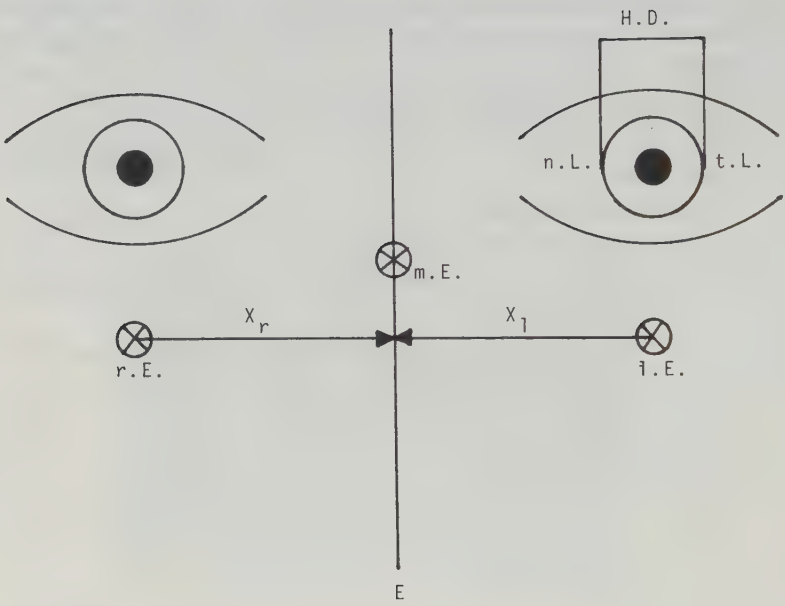

Abb.4: Behelfsskizze zur Auswertung nach Fleig

Erläuterungen:

m.E.: mittlerer Eichpunkt, r.E.: rechter Eichpunkt l.E.: linker Eichpunkt, E.: Eichgerade, X_r: Abstand des rechten Eichpunktes r.E. von der Eichgeraden E, X_l: Abstand des linken Eichpunktes l.E. von der Eichgeraden E, n.L.: nasaler Limbus, t.L.: temporaler Limbus, H.D.: Hornhautdurchmesser

3.3.6. FEHLERMÖGLICHKEITEN

a. Bei der dreifachen Vergrößerung wurde eine Abweichung der Strecke X (Abb.4.) von $\pm$ 2mm zugelassen, diese beträgt im Maßstab 1:1 $\pm$ 0.66. Berücksichtigt man die dreifache Vergrößerung der Strecke X bei der Adduktion und Abduktion, so muß die genannte Abweichung von 0.66mm nochmals durch 3 dividiert werden. Der tatsächliche Meßfehler beträgt dann $\pm$ 0.22mm, oder maximal 0.44mm.

b. Ablesefehler bei der Limbusbreite. Diese werden vermieden, wenn man jeweils Punkte gleicher Helligkeit verwendet.

c. Die Konzentrationsfähigkeit und Kooperationsbereitschaft, als schwer abwägbare Größen, wie bei jeder subjektiven Meßmethode.

4. DATENVERARBEITUNG UND ERGEBNISSE

4.1. PARAMETER

Die Untersuchung soll Einflüsse der Faktoren Alter und Geschlecht auf die gemessenen Parameter Hornhautdurchmesser, Adduktion und Abduktion auffinden.

4.2. EINTEILUNG DER STRICHPROBEN

Probandenauswahl, wie in Kapitel 3.1. beschrieben.
Der statistischen Auswertung liegen die Meßdaten von insgesamt 390 Probanden zugrunde. Dabei sind 210 Versuchspersonen aus den Untersuchungen von Fleig(1979) zur Ergänzung der Stichprobe berücksichtigt.

Es erfolgte die Einteilung nach den uns interessierenden Faktoren, wie die Geschlechtssufen männlich und weiblich und die 13 Altersstufen:

3,4,5,6,7,8,9,10-19,20-29,30-39,40-49,50-59, 60 Jahre.

Somit ergaben sich 26 Zellen zu jeweils 15 Versuchspersonen.

4.3.STATISTISCHE METHODE

Die statistische Prüfung der Einflüsse der Faktoren Alter (B) und Geschlecht (A) sowie ihre Wechselwirkung (AB) auf die gemessenen Parameter wurde mit der zweifachen balanzierten Varianzanalyse durchgeführt.(Tab.V a-c).

4.4. ERGEBNISSE

In Kapitel 8 findet sich die Zusammenstellung der gefundenen Rohdaten (Tab IV a-f) und der Ergebnisse der statistischen Prüfung (Tab.VI a-c).
Die Normbereiche wurden für je 6 Altersgruppen berechnet (Tab. VI a-c) und graphisch dargestellt (Abb. 5-8).

Für den Faktor Alter (B) ergaben sich signifikante Unterschiede der Gruppenmittelwerte für alle untersuchten Parameter.
Für den Faktor Geschlecht (A) fanden sich nur für den Hornhautdurchmesser Unterschiede.
Bei der Abduktion und Adduktion ergaben sich Wechselwirkungen durch den Einfluß einer Kombination der beiden Faktoren A und B. Die Hypothese einer Korrelation zwischen den gemessenen Parametern Hornhautdurchmesser und Adduktion, bzw. Hornhautdurchmesser und Abduktion wurde nicht bestätigt.
Bei der Errechnung der Normbereiche des Parameters Hornhaut-

durchmesser war eine Trennung nach dem Faktor Geschlecht (A) notwendig.
Zur Ermittlung der Normbereichsgrenzen P diente die Verwendung der Toleranzfaktoren der Normalverteilung zur Toleranzwahrscheinlichkeit 95% und Vertrauenswahrscheinlichkeit 95%:

$P = (\bar{x}_j - k \cdot s < X < \bar{x}_j + k \cdot s)$, mit dem Toleranzfaktor

$k = 2{,}08$ für

$N = 390$ und

$s = \sqrt{MAQ\ (E_{xx})}$.

5. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

5.1. ALTERSABHÄNGIGKEIT DER AUGENBEWEGLICHKEIT

Als Alternativhypothese formulierten wir die Altersabhängigkeit der Augenbeweglichkeit.
Der Vergleich der Mittelwerte (Abb. 7 und 8, Tab.VI b und c) zeigt, daß die Augenbeweglichkeit mit dem Alter abnimmt.
Der Leistungsabfall mit zunehmenden Alter erfolgt hauptsächlich in zwei Stufen. So verringert sich die Adduktionsfähigkeit um 0.82mm von 9.71mm auf 8.89mm in der Altersgruppe der 40-49Jährigen im Vergleich zu den 30-39Jährigen; ein weiterer deutlicher Abfall findet sich in der sechsten Altersgruppe bei den über-60Jährigen von 8.81mm auf 8.29mm; also im Mittel 0.62mm weniger Adduktionsfähigkeit als bei den 50-59Jährigen. Die Altersgruppe der 20-29Jährigen weist die größte Adduktionsfähigkeit auf, mit Mittelwerten von 9.90mm.

Ähnliche Ergebnisse findet man bei der Abduktion. Allerdings streuen die Mittelwerte in den ersten drei Altersgruppen hier

unwesentlich. Nach dem 40. Lebensjahr ist der erste deutliche Abfall auf 8.87mm im Vergleich zu den 30-39Jährigen mit 9.66mm zu verzeichnen und ein erneuter nach dem 60. Lebensjahr auf 8.06mm gegenüber der fünften Altersgruppe mit 8.60mm.

Der Abfall der maximalen Adduktions- und Abduktionsfähigkeit im vierten und nach dem sechsten Lebensjahrzehnt ist somit deutlich stärker als in den anderen Lebensabschnitten.

Außerdem überwiegt die Adduktions in allen Altersgruppen die Abduktion. Die Adduktion betrug im Gesamtdurchschnitt 9.21mm gegenüber der Abduktion mit 9.07mm. Dies ist bei der im täglichen Leben viel häufiger erforderlichen Adduktion auch verständlich.

5.2. GESCHLECHTSEINFLUSS AUF DIE AUGENBEWEGLICHKEIT

Unsere zweite Alternativhypothese nahm einen Geschlechtseinfluß auf die Augenbeweglichkeit an. Diese konnte nicht bestätigt werden. Aus diesem Grunde werden in Tab.VI b und c und Abb. 7 und 8 die Altersgruppen nicht nach Geschlechtern getrennt aufgeführt.

5.3. WECHSELWIRKUNG VON ADDUKTION ODER ABDUKTION UND HORNHAUTDURCHMESSER

Unsere Annahme einer bestehenden Korrelation zwischen Hornhautdurchmesser und maximaler Ab- und Adduktionsfähigkeit wurde nicht bestätigt. Eine Wechselwirkung dieser gemessenen Parameter wurde nicht gefunden.

5.4. MAXIMALE ADDUKTIONS- UND ABDUKTIONSFÄHIGKEIT

Bei der Untersuchung der Augenbeweglichkeit augengesunder Jugendlicher und Erwachsener fanden wir Normbereiche für die maximale Adduktion und Abduktion, die eine breite physiologische Streuung aufweisen.
Es zeigt sich eine zunehmende Adduktionsfähigkeit bei gleichbleibender Abduktionsfähigkeit bis zum 40. Lebensjahr.
Nach dem vierzigsten und nach dem sechzigsten Lebensjahr erfolgt ein deutlicher Abfall der maximalen Adduktions- und Abduktionsfähigkeit mit zunehmenden Alter.

5.5. HORNHAUTDURCHMESSER

Im Zusammenhang mit der Untersuchung über die Augenbeweglichkeit wurde der horizontale Hornhautdurchmesser bei 180 Jugendlichen und Erwachsenen gemessen.
Die dabei gefundenen Mittelwerte schwanken zwischen 11.40mm und 12.01mm (vgl Abb. 5 und 6, und Tab VIa). Der gefundene Mittelwert aller Messungen wird mit 11.72mm angegeben.
Beim männlichen Geschlecht ergaben sich für die einzelnen Altersgruppen unbedeutende Schwankungen.
Beim weiblichen Geschlecht zeigt sich jedoch eine deutliche Verminderung der Durchschnittwertes nach dem 50. Lebensjahr.

Außer bei den 10-19Jährigen und 40-49Jährigen war der Hornhautdurchmesser beim männlichen Geschlecht in allen Altersgruppen größer als beim weiblichen Geschlecht. Der Hornhautdurchmesser war bei den Männern mit 11.80mm um 0.16mm größer als bei den Frauen (11.64mm).

6. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE MIT ANDEREN AUTOREN

Fischer (1950) bestimmte die maximale Adduktions- und Abduktionsfähigkeit mit der abgewandelten Perimetermethode bei Jugendlichen und Erwachsenen. Die von ihm gefundenen Normbereiche liegen zwischen 56.0^{o} und 40.7^{o} (ca. 11.2mm bis 8.14mm). Er fand eine Korrelation des Alters sowohl bei der Adduktion als auch bei der Abduktion. Die Abduktion sank von 52^{o} (10.4mm) bei den 5Jährigen bis zum 75. Lebensjahr auf 39^{o} (7.8mm) um 2.6mm, während die Adduktion von 58^{o} (11.6mm) auf 44^{o} (8.8mm) um 2.8mm vermindert wurde. Ein deutlicher Leistungsabfall fand sich nach dem 40. und 60. Lebensjahr. Zusätzlich gibt er ein Überwiegen der Adduktion in allen Altersklassen an.
Diese Ergebnisse werden von Hollands (1956) und Hagers (1958) umfangreichen Untersuchungen gleicher Altersklassen bestätigt. (Vgl. Tab.II).
Kestenbaum (1961) bestimmte die maximale Adduktions- und Abduktionsfähigkeit mit dem Limbustest mit Normbereichen von 9-10mm. Werte unter 8.0mm bezeichnete er als pathologisch.

Bei den von uns bestimmten Normbereichsgrenzen stimmen die Gruppenmittelwerte x_j (vgl. Tab.VI b und c) mit denen der zitierten Autoren überein, ansonsten unterliegen die Normwerte einer erheblich größeren Streuung. Für die Abduktion ergab sich ein Normbereich von 7.70mm bis 10.48mm, für die Adduktion von 7.41mm bis 10.99mm.
Die von Fischer, Holland und Hager gefundene Altersabhängigkeit der Augenbeweglichkeit wird von unseren Ergebnissen bestätigt. Dabei ist ein deutlicher Leistungsknick nach dem 40. und 60. Lebensjahr zu verzeichnen (Vgl. Abb. 7 und 8).

Ein Oberwiegen der Adduktion wurde ebenfalls gefunden. (Vgl. Tab.VI b und c).
Es ergab sich keine Geschlechterabhängigkeit auf die Augenbeweglichkeit. Deshalb wurden in Tab. VI b und c und Abb. 7 und 8 die Altersgruppen nicht nach Geschlechtern getrennt.

Smith (1890) bestimmte mit dem Keratometer bei 500 Probanden männlichen und weiblichen Geschlechts im Alter von 5-90 Jahren den Horizontaldurchmesser der Cornea. Die Normbereichsgrenzen werden mit 10.5 bis 13.5mm angegeben. Der Gesamtmittelwert liegt bei 11.6mm. Nach dem 40. Lebensjahr findet sich eine deutliche Verminderung des Durchschnittswertes. Außerdem war der männliche Hornhautdurchmesser mit 11.68mm um 0.13mm größer als der weibliche. Die von uns gefundenen Normbereiche beim Hornhautdurchmesser (10.80mm bis 12.80mm) für alle Gruppen stimmen mit denen von Smith und Grod (1910) und Peter (1925) überein. Der Mittelwert liegt bei 11.72mm. Eine deutliche Verminderung des Durchschnittswertes zeigte sich nur beim weiblichen Geschlecht nach dem 50. Lebensjahr.
Wie Smith bestätigen unsere Ergebnisse ein teilweises Oberwiegen des Hornhautdurchmessers beim männlichen Geschlecht. (Vgl. Tab.VI a).

7. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurden an 180 augengesunden Jugendlichen und Erwachsenen die maximalen horizontalen Augenexkursionen und der horizontale Hornhautdurchmesser bestimmt. Der Limbustest nach Kestenbaum (1961) lag in abgewandelter photographischer Form dieser Untersuchung zugrunde.
Das Kollektiv war unterteilt in 6 Altersgruppen. Durch Geschlechtertrennung ergaben sich 12 Zellen zu je 15 Probanden.

Die statistische Prüfung mit der zweifachen balanzierten Varianzanalyse brachte eine Altersabhängigkeit beim Hornhautdurchmesser und bei der Adduktion und Abduktion.
Es ergab sich eine mittlere Adduktion von 9.21mm und eine Abduktion von 9.06mm, bei einer physiologischen Streuung von 6.50mm bis 11.69mm bei der Adduktion und 6.67 bis 11.05 bei der Abduktion. Es zeigte sich mit zunehmenden Alter eine erhebliche Verminderung der horizontalen Augenbewegung. Dieser Leistungsabfall erfolgt hauptsächlich in zwei Stufen und zwar nach dem 40. und 60. Lebensjahr. Außerdem war in allen Altersgruppen die Adduktion besser als die Abduktion.

Für den Faktor Geschlecht ergaben sich Unterschiede nur für den Hornhautdurchmesser. Der Mittelwert aller Messungen wird mit 11.72 mm angegeben.
Die Normbereiche für das männliche Geschlecht liegen zwischen 10.70mm und 12.92mm, für das weibliche zwischen 10.40mm und 13.01mm. Beim männlichen Geschlecht ergaben sich für die einzelnen Altersgruppen geringe Unterschiede, hingegen beim weiblichen zeigte sich nach dem 50. Lebensjahr eine deutliche Verminderung des Durchschnittswertes. Zusätzlich fand

sich ein teilweises Überwiegen des männlichen Hornhautdurchmessers.

Eine Wechselwirkung zwischen den Faktoren Hornhautdurchmesser und Adduktion sowie Hornhautdurchmesser und Abduktion bestand nicht.

8. TABELLEN UND GRAPHISCHE DARSTELLUNGEN

Autor	Adduktion in °	in mm	Abduktion in °	in mm
Volkmann	42	8.4	38	7.6
Helmholtz	50	10.0	50	10.0
Hering	44	8.8	43	8.6
Schurrmann	45	9.0	42	8.4
Aubert	44	8.8	38	7.6
Küster	45	9.0	43	8.6
Graefe	44	8.8	38	7.6
Landolt	47	9.4	47	9.4
Stevens	51.5	10.3	48.5	9.7

Tab.I) Zusammenstellung der Adduktions- und Abduktionsfähigkeit von verschiedenen Autoren nach Bielschowsky (1930). Die Umrechnung von Winkelgrad in Millimeter erfolgte nach Haase (1976): 1mm = 5°.

Autor	Alter	Anzahl	Adduktion		Abduktion	
			in °	in mm	in °	in mm
Fischer (1950)	4-20	50	56.0	11.20	49.4	9.88
	20-40	50	55.2	11.04	47.9	9.58
	40-60	50	51.7	10.32	44.3	8.86
	60-80	40	46.4	9.28	40.7	8.14
Holland (1956)	10-20	60	55.4	11.08	46.4	9.28
	20-30	60	55.5	11.10	46.9	9.38
	30-40	60	54.1	10.82	45.9	9.18
	40-50	60	51.2	10.24	42.8	8.56
	50-60	40	47.8	9.56	40.2	8.04
	60-80	40	46.6	9.32	38.8	7.76
Hager (1958)	11-20		49.50	9.90	48.95	9.79
	21-30		49.60	9.92	49.35	9.87
	31-40		48.00	9.60	47.60	9.52
	41-50		47.30	9.46	47.00	9.40
	51-60		46.15	9.23	46.55	9.31
	61-80		43.60	8.72	43.60	8.72
Kesten-baum(1961)				9-10		9-10
Haase (1976)	ca.22J	30		9.90		9.80

Tab.II) Zusammenstellung neuerer Ergebnisse der Adduktion und Abduktion.

Autor	Alter	Anzahl		max.		min.		Mittel		Mittel d. Gesamtaltersgruppe
		m	w	m	w	m	w	m	w	
Smith (1895)	10-19	124	132	12.50	13.50	11.00	11.00	11.70	11.65	11.67
	20-39	130	124	12.50	12.50	10.50	11.00	11.73	11.70	11.72
	40-59	100	100	12.00	12.00	11.50	10.50	11.52	11.43	11.48
	60	92	104	12.50	12.00	10.50	10.50	11.54	11.38	11.46
Grod (1910)	10-19	6	4	11.50	12.50	11.25	11.25	11.30	11.87	11.98
	20-39	2	-	12.00	-	12.00	-	12.00	-	12.00
	40-59	8	4	11.50	11.00	11.25	11.00	11,44	11.00	11.22
	60	8	18	11.50	12.00	11.00	11.25	11.20	11.40	11.30
Peter (1925)	12-14	124	112	12.75	12.75	11.00	10.75	11.83	11.61	11.72
	14-16	82	114	12.50	12.25	10.75	10.25	11.76	11.55	11.64

Tab.III) Zusammenstellung des Hornhautdurchmessers nach verschiedenen Autoren.
Angabe in mm.
m = männlich
w = weiblich
max. = Maximalwerte
min. = Minimalwerte

Tab. IV a-f: Rohdaten der 10 bis über 60Jährigen
Abkürzungen:
Ø :Hornhautdurchmesser Ad : Adduktion
Ab:Abduktion Nr.: fortlaufende Nummerierung
Ø, Ad, Ab sind in mm angegeben.

10-19jährige Jungen

	Nr.	Ø	Ad	Ab
1	154	12.3	10.8	9.7
2	200	11.7	10.7	9.7
3	202	11.5	10.3	10.3
4	205	11.9	7.7	9.0
5	206	12.4	8.7	7.7
6	210	11.9	9.7	8.0
7	211	12,1	10.3	11.0
8	212a	12.1	9.0	10.0
9	212	11.2	8.7	9.3
10	225	12.1	10.0	10.7
11	235	12.0	9.4	11.7
12	239	11.9	10.7	8.3
13	255a	11.0	9.3	9.7
14	255	12.8	9.7	7.7
15	257	12.0	10.0	10.3

10-19jährige Mädchen

Nr.	Ø	Ad	Ab
157	11.9	10.3	10.0
215	11.9	11.0	9.7
216	12.3	11.0	9.3
220	12.3	8.7	10.3
221	10.9	9.0	10.0
222	12.7	9.0	10.7
223	12.4	9.0	10.3
225	12.0	9.7	10.7
233	12.0	10.7	10.9
234	12.1	9.3	9.7
241	12.5	9.7	9.3
242	11.7	8.0	8.0
247	11.6	8.7	8.3
251	11.6	10.7	10.3
254	12.1	10.7	9.7

Tab.IV a)

20-29jährige Männer

	Nr.	Ø	Ad	Ab
1	401	12.3	11.6	10.0
2	402	11.0	10.0	10.0
3	405	12.1	9.3	9.6
4	408	11.9	10.0	9.3
5	411	11.9	9.3	8.6
6	428	11.3	9.6	8.3
7	435	11.0	9.6	10.6
8	837a	10.9	9.6	10.3
9	839	11.6	9.6	8.0
10	976	11.5	10.0	9.3
11	1059	11.9	11.3	10.3
12	1220	11.2	9.3	9.3
13	1221	13.5	10.3	12.7
14	1227	11.7	10.6	10.0
15	1228	11.7	9.6	10.6

20-29jährige Frauen

Nr.	Ø	Ad	Ab
80	11.1	8.7	8.2
155	11.7	9.7	9.0
158	11.9	10.3	10.8
159	12.3	10.0	10.3
270	11.2	9.3	8.7
415	11.9	10.3	10.6
421	11.6	12.3	11.0
424	12.1	10.3	10.4
426	11.5	8.3	8.3
427	10.9	9.3	9.3
805	10.9	10.3	8.6
806	10.7	10.0	9.0
808	12.0	10.6	9.6
812	10.8	7.6	7.3
813	12.0	10.3	10.6

Tab.IV b)

30-39jährige Männer

	Nr.	Ø	Ad	Ab
1	412	11.9	9.3	8.0
2	420	12.0	10.3	10.0
3	422	12.5	9.3	10.3
4	430	11.7	10.0	10.0
5	431	11.3	8.0	8.0
6	434	12.1	9.3	9.3
7	904	11.5	8.0	8.3
8	913	12.0	8.3	9.3
9	917	11.7	10.0	10.0
10	974	11.7	10.6	10.0
11	976	12.3	9.3	8.6
12	987	12.4	11.3	10.6
13	1008	11.9	9.6	10.0
14	1016	11.9	9.3	10.0
15	1020	12.1	10.0	11.0

30-39jährige Frauen

	Nr.	Ø	Ad	Ab
1	156	12.0	10.0	11.0
2	433	11.7	9.0	10.0
3	818	11.0	10.3	9.0
4	900	11.9	10.6	11.0
5	901	11.0	10.3	9.3
6	906	11.6	11.3	10.3
7	908	12.1	8.6	8.6
8	911	11.3	9.3	8.6
9	972a	11.6	8.0	9.6
10	972	11.7	10.0	9.0
11	981	11.6	10.6	10.6
12	984	12.0	10.3	9.3
13	1002	12.3	11.0	10.3
14	1010	11.6	10.3	10.0
15	1052	12.5	9.3	10.0

Tab.IV c)

40-49jährige Männer

	Nr.	Ø	Ad	Ab
1	410	11.7	9.6	10.3
2	423	11.6	9.0	8.0
3	432	11.0	9.6	8.6
4	828	11.7	7.6	8.6
5	830	12.4	9.6	10.0
6	835	11.6	8.6	8.6
7	902	11.6	8.3	8.0
8	903	11.9	8.3	9.3
9	916	12.8	9.6	9.0
10	973	11.5	9.3	8.6
11	977	11.3	8.3	7.3
12	983	11.7	10.0	9.6
13	986	12.5	9.6	9.3
14	989	11.6	8.3	8.3
15	1015	11.9	10.0	9.0

40-49jährige Frauen

	Nr.	Ø	Ad	Ab
1	804	11.7	7.6	8.0
2	921	11.0	9.6	10.0
3	925	12.0	8.0	8.3
4	927	11.6	8.0	7.6
5	1003	12.9	8.6	8.6
6	1009	11.9	9.6	9.3
7	1053	11.2	8.6	8.0
8	1053	12.3	11.0	10.0
9	1055	11.6	9.0	8.3
10	1063	11.6	9.3	9.6
11	1064	11.6	8.6	9.3
12	1072	12.0	8.3	9.3
13	1075	12.3	9.0	10.0
14	1076	11.3	9.0	10.0
15	1078	12.0	7.0	7.6

Tab.IV d)

50-59jährige Männer

	Nr.	Ø	Ad	Ab
1	400	11.0	10.6	9.3
2	407	11.2	8.3	7.6
3	915	12.0	10.6	9.3
4	978	11.9	10.3	9.6
5	1005	11.5	8.0	7.6
6	1013	11.9	8.6	8.0
7	1019	12.4	10.0	9.3
8	1021	12.3	10.0	10.0
9	1022	11.2	9.6	8.0
10	1024	10.8	7.6	8.0
11	1026	12.6	7.3	7.6
12	1027	11.2	6.3	7.0
13	1031	12.3	9.0	9.0
14	1073	11.9	9.0	8.0
15	1074	12.0	8.3	8.0

50-59jährige Frauen

	Nr.	Ø	Ad	Ab
1	417	10.4	8.0	8.6
2	801	10.5	8.3	9.3
3	811	10.9	9.3	8.3
4	817	11.9	9.3	8.6
5	821	11.3	8.3	8.3
6	928	10.8	9.6	9.3
7	982	11.3	8.3	8.0
8	988	11.6	10.0	8.6
9	990	11.3	9.0	9.0
10	1000	12.1	9.0	9.3
11	1001	12.3	10.0	9.0
12	1004	11.7	8.6	9.0
13	1011	12.1	9.0	9.6
14	1051	11.9	9.3	8.6
15	1056	10.9	8.0	8.0

Tab.IV e)

Männer über 60 Jahre

	Nr.	Ø	Ad	Ab
1	425	11.9	9.6	9.0
2	822	11.9	7.6	7.0
3	826	12.3	9.3	8.0
4	836	11.7	8.3	7.3
5	914	12.1	9.6	8.3
6	980	11.5	7.0	7.6
7	981	11.7	8.3	7.6
8	958	11.5	9.0	8.6
9	994	11.3	7.0	7.3
10	1014	11.5	9.3	8.6
11	1017	11.2	9.6	8.3
12	1018	12.3	8.3	8.6
13	1028	12.1	9.3	8.0
14	1029	11.9	8.6	9.3
15	1030	12.8	8.0	8.6

Frauen über 60 Jahre

	Nr.	Ø	Ad	Ab
1	416	11.6	8.0	8.0
2	803	10.5	7.6	7.3
3	807	11.7	8.3	7.3
4	814	11.7	10.0	8.0
5	815	11.2	7.6	7.6
6	816	10.8	8.3	8.3
7	819	11.5	7.0	7.6
8	910	12.0	7.0	6.6
9	920	11.3	7.3	8.0
10	923	11.3	6.9	8.0
11	926	11.7	7.6	8.6
12	1057	11.3	8.3	9.3
13	1065	11.5	8.0	7.6
14	1077	11.9	9.0	8.3
15	1080	11.6	9.3	9.3

Tab.IV f)

Tab.V a-c: Angaben zur statistischen Prüfung der Faktoren Alter (B), Geschlecht (A) und deren Wechselwirkungen (AB) auf die gemessenen Parameter horizontaler Hornhautdurchmesser, Adduktion und Abduktion mit der zweifachen balnzierten Varianzanalyse. Durchgeführt von Herrn Prof.Dr. H.Immich.

a. Zweifache Varianzanalyse, Hornhaut, unbalanzierter Fall:

	Quelle der Variabilität	SAQ	FG	MAQ	F	0,05 α	
M_{xx}	Mittelwert	54,303,60	1				
A_{xx}	Geschlecht	0,99	1	0,99	4,30	3,87	+
B_{xx}	Alter	18,99	12	1,58	6,87	1,78	+
AB_{xx}	Wechselwirkung	3,55	12	0,30	1,30	1,78	
E_{xx}	Versuchsfehler	82,11	364	0,23			
	x^2kji	54,409,24	390				

b. Zweifache Varianzanalyse, Adduktion, balnzierter Fall:

	Quelle der Variabilität	SAQ	FG	MAQ	F	0,05 α	
M_{xx}	Mittelwert	33,072,19	1				
A_{xx}	Geschlecht	1,84	1	1,84	2,49	3,87	
B_{xx}	Alter	76,30	12	6,36	8,59	1,78	+
AB_{xx}	Wechselwirkung	11,25	12	0,94	1,27	1,78	
E_{xx}	Versuchsfehler	270,70	364	0,74			
	x^2kji	33,432,28	390				

c. Zeifache Varianzanalyse, Abduktion, balanzierter Fall:

	Quelle der Variabilität	SAQ	FG	MAQ	F	0,05 α	
M_{xx}	Mittelwert	32,275,88	1				
A_{xx}	Geschlecht	0,16	1	0,16	0,36	3,87	
B_{xx}	Alter	81,28	12	6,77	15,04	1,78	+
AB_{xx}	Wechselwirkung	9,84	12	0,82	1,82	1,78	+
E_{xx}	Versuchsfehler	162,77	364	0,45			
	x^2kji	32,529,93	390				

Tab.VI a - c: Zusammenstellung der Normbereiche

j	Alter	Geschlecht	$\bar{x}_j$	$P(\bar{x}_j - k \cdot s < X < \bar{x}_j + k \cdot s)$	
1	10-19	♂	11.92	10.92	12.92
	10-19	♀	12.01	11.01	13.01
2	20-29	♂	11.70	10.70	12.70
	20-29	♀	11.50	10.50	12.50
3	30-39	♂	11.92	10.92	12.92
	30-39	♀	11.72	10.72	12.72
4	40-49	♂	11.76	10.76	12.76
	40-49	♀	11.80	10.80	12.80
5	50-59	♂	11.74	10.74	12.74
	50-59	♀	11.40	10.40	12.40
6	60	♂	11.80	10.80	12.80
	60	♀	11.42	10.42	12.42

Tab.VI a: Normbereiche für den Parameter horizontaler Hornhautdurchmesser, Trennung nach dem Faktor Geschlecht und Alter.

$k = 2.08$

$s = 0.48$

$k \cdot s = 1.00$

j	Alter	Geschlecht	$\bar{x}_j$	$P(\bar{x}_j - k \cdot s < X < \bar{x}_j + k \cdot s)$	
1	10-19	-	9.68	7.89	11.47
2	20-29	-	9.90	8.11	11.69
3	30-39	-	9.71	7.92	11.50
4	40-49	-	8.89	7.10	10.68
5	50-59	-	8.81	7.02	10.60
6	60	-	8.29	6.50	10.08

Tab.VI b: Normbereiche für den Parameter Adduktion.
Nur Trennung nach dem Faktor Alter.

$k = 2.08$

$s = 0.86$

$k \cdot s = 1.79$

j	Alter	Geschlecht	$\bar{x}_j$	$P(\bar{x}_j - k \cdot s < X < \bar{x}_j + k \cdot s)$	
1	10-19	-	9.64	8.25	11.03
2	20-29	-	9.61	8.22	11.00
3	30-39	-	9.66	8.27	11.05
4	40-49	-	8.87	7.48	10.26
5	50-59	-	8.60	7.21	9.99
6	60	-	8.06	6.67	9.45

Tab.VI c: Normbereiche für den Parameter Abduktion.
Nur Trennung nach dem Faktor Alter.

$k = 2.08$

$s = 0.67$

$k \cdot s = 1.39$

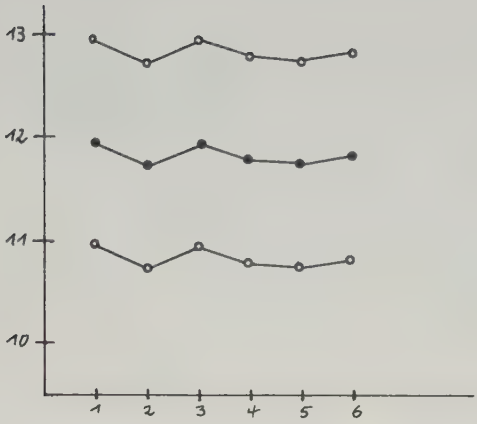

Abb.5 : Hornhaut-durchmesser der Männer

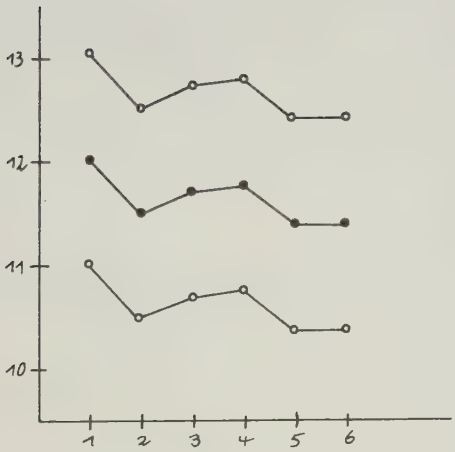

Abb.6 : Hornhaut-durchmesser der Frauen

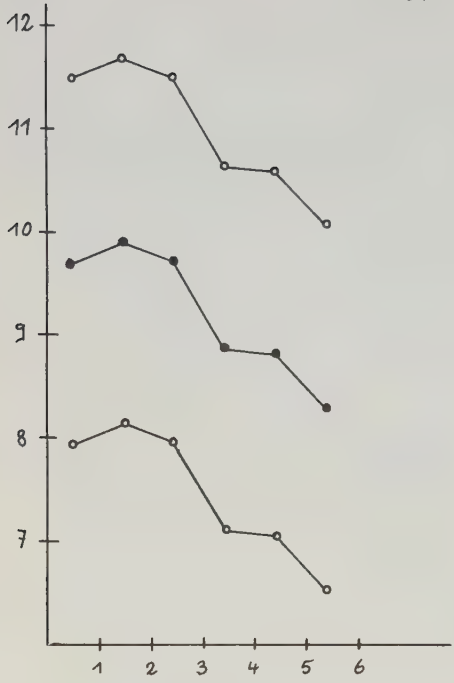

Abb.7 : Normbereiche der Adduktion

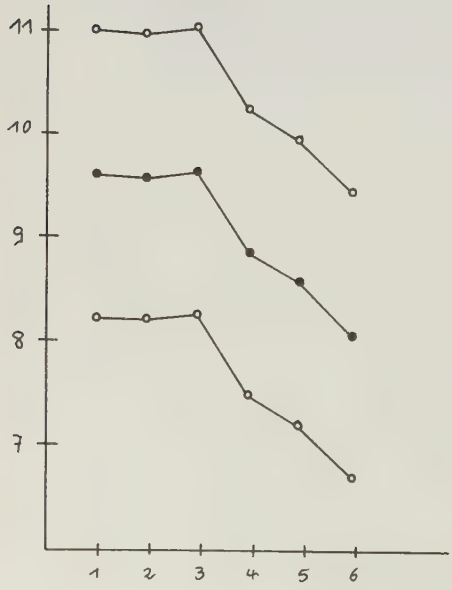

Abb.8 : Normbereiche der Abduktion

9. LITERATURVERZEICHNIS

Berard, P.V., Mouillac-Gambarelli, N.: Revisionseingriffe bei Strabismus convergens (Esotropie). Klin. Mbl. Augenheilk. 171, 872 - 876 (1977).

Bielschowsky, A.: Die Motilitätsstörungen der Augen, in Graefe-Saemisch, Handbuch der Augenheilkunde, 2. Aufl., Band 8, 1. Abteilung, (Kapitel XI), 28 - 36 (1939).

Fleig, H.: Untersuchungen über die Augenbeweglichkeit im Kindesalter. Inaug. Diss. Würzburg 1979.

Fischer, H.: Die physiologischen Grenzen der horizontalen Augenbewegungen. Graefes Arch. Ophthal. 150, 144 - 156 (1950).

Goldhan, U.: Exophthalmometerwerte und Lebensalter. Z. Altersforschg. 8, 365 - 369 (1955). Zit. n. Zbl.ges. Ophthal. 66, 122 (1955/56).

Graefe, A. von: Symptomenlehre der Augenmuskellähmungen. Hermann Peters Verlag, Berlin, S. 3 - 6 (1867).

Grod, A.: Über die Dauerresultate der Operationen bei angeborenem Star, mit besonderer Berücksichtigung der Wachstumsverhältnisse vor und nach der Operation. Arch. Augenheilk. 67, 251 - 277 (1910).

Haase, W.: Messung der maximalen Bewegungsstrecken der Bulbi. Graefes Arch. Ophthal. 198, 291 - 296 (1976).

Hager, G.: Das Blickfeld und Umblickfeld bei gesunden Normalsichtigen. Klin. Mbl. Augenheilk. 132, 656 - 670 (1958).

Helmholtz, H.: Handbuch der Physiologischen Optik. Leopold Voss, Leipzig, S.457 - 468 (1867).

Holland, G.: Untersuchungen über den Einfluß des Alters auf die physiologischen Grenzen der Augenbeweglichkeit. Klin. Mb. Augenheilk. 129, 655 - 663 (1956).

Kestenbaum, A.: Clinical Methods of Neuro-Ophthalmologic Examination. Grune & Stratton Verlag, New York, 2. Aufl., S. 234 - 239 (1961).

Peter, R.: Über die Corneagröße und ihre Vererbung. Graefes Arch. Ophthal. 115, 29 - 48 (1925).

Phillips, C.I., Vaid, R.L.: Late reoperations for squint. British Journal of Ophthalmology. 61, 23 - 26 (1977).

Roggendorf, E.: Die Anwendung des Gesichtsrasters zur Topometrie des Augapfels. Klin. Mbl. Augenheilk. 156, 517 - 523 (1970).

Schäfer, W.D.: Untersuchungen zum Konsekutiven Strabismus divergens nach Operationen. Ber. Dtsch. Ophthal. Ges. 74, 763 - 766 (1977).

Schäfer, W.D., Immich, H., Sipp, H.V.: Der Einfluß von Alter und Geschlecht auf das Erkennen bewegter Objekte. Graefes Arch. Ophthal. 188, 253 - 262 (1973).

Smith, P.: On the size of the cornea in relation to age, sex, refraction, and primary-glaucoma. Transact. of the Ophth. Soc. of the U.K. 10, 68 - 78 (1890).

Wessely, K.: Zur Methodik der Grössenbestimmung des menschlichen Auges nebst Beschreibung eines Instruments zur Messung der Hornhautbreite (Keratometer). Arch.f.Augenheilk. 69, 265 - 271 (1911).

Wohlfart, G.: Zur Kenntnis der Altersveränderung der Augenmuskeln. Z. mikroskop. Anatom. Forschung. 44, 33 - 44 (1938).

Herrn Prof.Dr.Dr.h.c. W. Leydhecker danke ich für die Möglichkeit wissenschftlicher Arbeit an der Universitäts-Augenklinik Würzburg.

Herrn Prof.Dr. W.D. Schäfer möchte ich für die Überlassung des Themas danken sowie für die vielfältigen Anregungen und die großzügige Unterstützung.

Herrn Prof.Dr.med.H. Immich, Leiter der Abteilung für Medizinische Dokumentation und Statistik der Universität Heidelberg, danke ich für die Beratung und die bereitwillige Unterstützung bei der statistischen Auswertung.

Danken möchte ich auch Herrn Prof.Dr.med. H. Röckl, Direktor der Klinik und Poliklinik für Haut- und Geschlechtskrankheiten, für die Einwilligung, Patienten seiner Klinik zu untersuchen.

Mein Dank gilt auch Herrn Regierungsdirektor Schumacher, Regierung von Unterfranken. Seine Erlaubnis ermöglichte mir die Untersuchung von Jugendlichen an der Gesamtschule bei Volkach.

LEBENSLAUF

Am 3. Oktober 1949 wurde ich in Angerstein/Göttingen als drittes Kind des Werner Heptner und seiner Ehefrau Elfriede Heptner, geborene Schmidt, geboren.

1952 übersiedelten wir nach Kaiserslautern/Pfalz. Hier besuchte ich vier Jahre die Volksschule, fünf Jahre das Institut der Franziskanerinnen und vier Jahre das Burggymnasium. Am 20. Juni 1968 legte ich die Reifeprüfung im neusprachlichen Zweig ab.

Mein Erststudium Englisch und Geschichte absolvierte ich an den Universitäten Mainz und Würzburg, wo ich es auch mit dem Staatsexamen für die Realschule im Herbst 1972 beendete.

Im Wintersemester 1972/73 nahm ich mein Medizinstudium in Würzburg auf. Im Wintersemester 1977/78 wechselte ich an die Ludwig-Maximilians-Universität München. Hier beendete ich das Studium mit dem dritten Teil des Staatsexamens im April 1980.

Am 10. Juni 1980 Erteilung der Approbation als Arzt. In der Zeit von Juli 1980 bis Dezember 1980 arbeitete ich als Assistenzärztin in dem AOK Kursanatorium Bad Reichenhall. Seit Anfang dieses Jahres mache ich regelmäßig Praxisvertretungen bei niedergelassenen Ärzten in München und Umgebung.

Charlotte Heptner